

Karakteristik Pembakaran Campuran LPG – DME pada Mesin Pembangkit Listrik Kapasitas 5 KVA

Combustion Characteristic of LPG-DME Mixture on 5 KVA Power Generation Engine

Maymuchar

Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi “LEMIGAS”

Jl. Ciledug Raya Kav. 109, Cipulir, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan

Telepon: 62-21-7394422, Fax: 62-21-7246150

E-mail: may_muchar@lemigas.esdm.go.id

Teregistrasi I tanggal 3 November 2014; Diterima setelah perbaikan tanggal 8 Desember 2014

Disetujui terbit tanggal: 31 Desember 2014

ABSTRAK

Dimethyl ether (DME) merupakan salah satu energi alternatif yang potensial untuk menggantikan LPG dimasa yang akan datang baik untuk rumah tangga maupun pembangkit listrik. Kemiripan karakteristik DME dengan LPG memungkinkan DME dapat dicampur dengan LPG sebagai bahan bakar mesin pembangkit listrik. Pengujian telah dilakukan pada mesin terhadap beberapa variasi campuran LPG - DME yaitu 10%, 20% dan 30% DME dengan kondisi pembebanan 500 - 4500 watt. Pengamatan dilakukan terhadap emisi CO, CO₂ dan HC untuk menganalisis pembakaran yang terjadi dalam ruang bakar mesin pembangkit. Emisi CO dan HC yang dihasilkan campuran LPG - DME cenderung mengalami penurunan dibanding dengan yang dihasilkan bahan bakar LPG, sedangkan emisi CO₂ mengalami sebaliknya. Pada batas tertentu, unsur oksigen yang terkandung pada DME mempengaruhi perbandingan bahan bakar-udara (AFR) yang dibutuhkan oleh mesin sehingga membantu proses pembakaran yang lebih baik. Hasil pengamatan lainnya, mesin pembangkit listrik masih dapat beroperasi dengan stabil pada campuran 10%, 20% dan 30% DME.

Kata Kunci : DME, Campuran LPG-DME, Emisi CO, CO₂ dan HC, AFR

ABSTRACT

Dimethyl ether (DME) is one of a potential alternative energies to replace LPG in the future as house hold and small electric generation engine. The similarities of LPG's characteristics and DME allows DME to be blended with LPG as power generation fuel. Tests have been performed on the 5 KVA power generation engine for a few variations of LPG - DME mixture ie: 10%, 20% and 30% DME with loading conditions 500-4500 watts. Observations were made against emissions of CO, CO₂ and HC for analyzing combustion in the engine combustion chamber. CO and HC emissions resulting mixture of LPG - DME tended to decrease compared with that was produced by LPG fuel, while the CO₂ emissions occurred otherwise. At a certain extent the oxygen in DME affected the air-fuel ratio (AFR) required by the engine as a result the ratio promoted better combustion process. The result of another observation was that the power plant can still operate with stable on a mixture of 10%, 20% and 30% DME.

Keywords: DME, LPG-DME mixture, CO, CO₂ and HC Emission

1. PENDAHULUAN

Kebijakan Energi Nasional (KEN) sebagaimana tertuang dalam Peraturan Presiden RI Nomor 05

Tahun 2006 memberikan panduan diversifikasi energi dengan mengembangkan energi alternatif. Melalui kebijakan ini, diharapkan pertumbuhan sumber

energi alternatif dapat terpacu. Upaya diversifikasi energi dengan mengoptimalkan sumber energi lain diantaranya adalah program konversi minyak tanah dengan LPG (Dirjen Migas, 2009). Untuk mendukung penggunaan DME ini sebagai bahan bakar Menteri ESDM telah mengeluarkan Peraturan Menteri Nomor 29 tahun 2013 mengenai spesifikasi DME sebagai bahan bakar di Indonesia.

Dimethyl ether (DME) merupakan sumber energi alternatif yang diharapkan dapat memenuhi kebutuhan tersebut karena memiliki karakteristik setara dengan LPG. Jenis sumber energi ini dapat dihasilkan dari bermacam bahan baku, seperti gas alam, batubara, *heavy oil*, dan biomassa. Aplikasi DME dapat mencakup beberapa sektor, antara lain: sektor transportasi, domestik/rumah tangga, *power generation*, dan bahan baku industri kimia. (Gye Gyu Lim 2008; Ogawa et al. 2003). Dimethyl ether memiliki mono-struktur kimia yang sederhana ($\text{CH}_3\text{-O-CH}_3$), berbentuk gas pada temperatur lingkungan (*ambient temperature*), dan dapat dicairkan seperti halnya *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) sehingga infrastruktur untuk LPG dapat juga digunakan untuk DME. DME berbentuk gas pada suhu kamar, tidak beracun, dan ramah lingkungan (Semelsberger et al. 2006).

LPG yang dikenal selama ini sebagai bahan bakar rumah tangga dan komersial Komponen utama LPG umumnya tersebut terdiri dari senyawa propane (C_3H_8), *Propylene* atau Propena (C_3H_6), *butane* (C_4H_{10}), *butylenes* atau butena (C_4H_8), dan sejumlah kecil ethane (C_2H_6), *ethylene* (C_2H_4), dan pentana (C_5H_{12}). Di Indonesia, bahan bakar LPG merupakan senyawa hidrokarbon yang dikenal sebagai Butana, Propana, Isobutana atau campuran antara propana (C_3H_8) dengan butana (*i*- C_4H_{10} dan *n*- C_4H_{10}) dengan perbandingan *propane* $\pm 30\%$ dan *butane* $\pm 70\%$.

Dimetileter (DME) adalah senyawa eter sederhana dengan rumus kimia CH_3OCH_3 dan merupakan gas tidak berwarna pada kondisi temperatur ruang dan tekanan atmosfer. DME dalam wujud gas merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau tajam, relatif *inert*, non-korosif serta tidak membentuk senyawa peroksida dalam udara bebas sehingga tidak mengakibatkan efek rumah kaca. DME dapat berwujud cair pada tekanan relatif rendah. DME dalam

wujud cair tidak larut dengan pelarut polar dan non-polar, juga sedikit tidak larut dalam air.

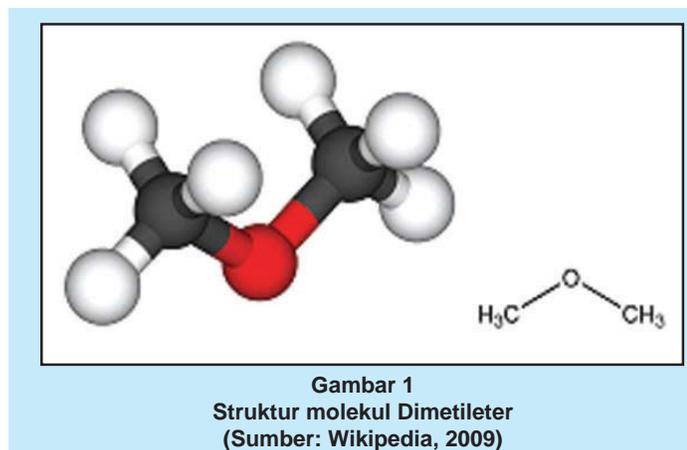
Secara umum DME memiliki kelebihan yang kompetitif karena dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk pembangkit tenaga listrik maupun bahan bakar untuk keperluan rumah tangga. Dari sisi pemanfaatannya sebagai bahan bakar, DME memiliki nilai bakar berdasarkan beratnya (Kcal/Kg) lebih rendah dari propana dan metana tetapi lebih tinggi dari methanol (Priyanto 2011).

Kemiripan karakteristik DME dengan LPG merupakan peluang untuk menggunakan kedua bahan bakar tersebut dalam bentuk campuran (*mix*). Komposisi campuran kedua jenis bahan bakar ini akan sangat menentukan kualitas unjuk kerja (pembakaran) yang dihasilkan. Oleh karena itu, kajian terhadap pencampuran LPG dengan DME dan DME murni sangat diperlukan sehingga diperoleh bahan bakar yang secara teknis memenuhi spesifikasi yang ditetapkan dan dapat diaplikasi pada sistem pembakaran pada industri kecil seperti mesin pembangkit tenaga listrik (generator).

Penelitian penggunaan bahan bakar campuran LPG-DME pada generator dimaksudkan untuk mengamati karakteristik pembakaran beberapa variasi campuran DME dalam LPG pada mesin pembangkit listrik dengan mengamati gas buang hasil pembakaran pada ruang bakar.

II. BAHAN DAN METODE

Pada penelitian ini bahan bakar yang digunakan adalah LPG dan DME dengan komposisi campuran tertentu. Bahan bakar LPG yang digunakan adalah LPG yang dikenal selama ini sebagai bahan bakar

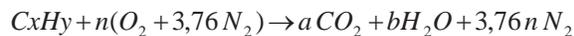


rumah tangga dan komersial. Sedangkan bahan bakar DME yang digunakan pada penelitian ini adalah DME yang selama ini digunakan sebagai bahan baku untuk aerosol pada produsen kosmetik dan cat.

Bahan bakar yang digunakan pada penelitian ini adalah LPG *mix* DME dengan besar komposisi DME yang dicampurkan dengan LPG tersebut adalah 10%, 20%, dan 30%. Karakteristik bahan bakar yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1. Bahan bakar LPG dan campuran LPG – DME telah diuji karakteristiknya berdasarkan metode uji ASTM dan lainnya dan masih masuk dalam spesifikasi (Dirjen Migas 2006).

Mesin uji yang digunakan pada penelitian ini adalah mesin penggerak generator dengan kapasitas 5 KVA. Mesin ini berjenis penyalaan cetus bunga api listrik (*spark ignition*) memiliki satu silinder dan dirancang beroperasi dengan bahan bakar LPG. Sistem konversi bahan bakar pada mesin ini adalah *full dedicated engine* yang berarti bahwa mesin ini telah didisain untuk bahan bakar LPG.

Pengamatan yang dilakukan adalah konsentrasi dari gas buang hasil pembakaran yang terjadi pada ruang bakar mesin karena salah satu parameter untuk mengetahui karakteristik pembakaran pada ruang bakar dari suatu *engine* adalah dengan pengamatan komposisi gas buang hasil pembakaran. Pada teori pembakaran bahan bakar yang ditunjukkan pada persamaan berikut :



Persamaan diatas menunjukkan hasil pembakaran bahan bakar baik LPG maupun DME yang ideal yaitu terdiri dari CO₂, CO, H₂O. Tetapi dalam prakteknya pembakaran ideal tidak akan pernah terjadi sehingga gas hasil pembakaran akan terdiri dari CO₂, CO, H₂O, HC, O₂, NO_x. Pembakaran yang mendekati ideal akan menghasilkan kinerja mesin lebih baik karena seluruh energi kimia yang terkandung dalam bahan bakar dapat terlepas menjadi energi kinetik. Pembakaran tersebut tentu saja dipengaruhi oleh kualitas pengapian, kualitas percampuran bahan bakar-udara, dan kualitas bahan bakar. (Arismunandar 2002; Bartok et al. 1991)

Pengujian dilakukan terhadap mesin pembangkit listrik dengan menggunakan bahan bakar LPG dan beberapa variasi komposisi campuran LPG dan DME. Hasil pengujian dievaluasi dengan membandingkan unjuk kerja yang dihasilkan mesin pembangkit listrik berbahan bakar dari beberapa variasi komposisi DME dengan unjuk kerja yang dihasilkan mesin berbahan bakar LPG murni atau dengan kata lain bahan bakar LPG merupakan bahan bakar *referens* atau acuan.

Evaluasi dilakukan dengan membandingkan hasil pengamatan terhadap emisi gas buang mesin yang berbahan bakar LPG dengan gas buang mesin yang berbahan bakar beberapa variasi LPG *mix* DME. Parameter emisi gas buang yang diamati adalah CO, CO₂ dan senyawa hidrokarbon HC dengan variasi beberapa pembebanan pada mesin. Mesin beroperasi dengan variasi beban 500 kVA sampai 4500 kVA.

Tabel 1
Karakteristik LPG dan LPG *mix* DME

No	Karakteristik	Satuan	Batasan		LPG	Konsentrasi DME			Metode Uji	
			Min	Max		10%	20%	30%	ASTM	Lain
1	Specific Gravity	-	To be reported		0,5374	0.547	0.56	0.57	D-1657	
2	Vapour Pressure	Psig	-	120	100	105	110	110	D-1267	
3	Weathering Test	% vol.	95	-	99,8	99.7	99.8	99.6	D-1837	
4	Copper Corrosion		-	No.1	1b	1b	1b	1b	D-1838	
5	Water Content		No free water		-	-	-	-	-	Visual
6	Composition :								D-2163	
	DME	% vol			0	11.41	22.73	32.23		
	C ₂	% vol		0.8	0,16	0.15	0.11	0.09		
	C ₃ and C ₄	% vol	97,5		99,4	88.17	76.9	67.35		
	C ₅₊ (C ₅ and heavier)	% vol		2.0	0,4	0.27	0.26	0.33		

3. HASIL DAN DISKUSI

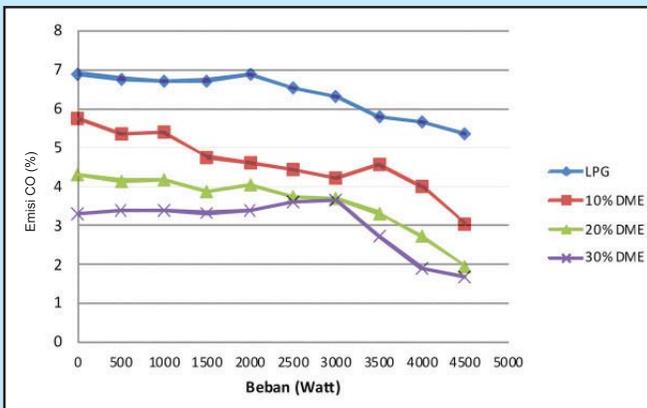
Hasil uji Emisi CO, CO₂, dan HC yang dihasilkan dari generator berbahan LPG dan LPG *mix* DME dilakukan untuk mengetahui perbedaan gas buang. Hasil pengujian emisi CO ini dapat dilihat pada Gambar 3. Kadar emisi CO yang dihasilkan generator berbahan bakar LPG lebih besar di dibandingkan dengan generator berbahan bakar LPG *mix* DME. Dengan demikian pembakaran yang terjadi di generator LPG *mix* DME menjadi baik jika dibandingkan dengan generator berbahan bakar LPG, sehingga menghasilkan CO yang lebih rendah. Persentase DME semakin besar, emisi CO yang dihasilkan semakin rendah. Adanya unsur oksigen pada DME akan membantu proses pembakaran yang terjadi sehingga emisi CO akan semakin kecil. Penurunan rata-rata emisi CO pada semua beban masing masing 38%, 77%, dan 109% untuk komposisi DME 10%, 20%, dan 30%.

Emisi CO₂ adalah emisi yang diinginkan pada setiap pembakaran. Emisi ini menunjukkan tingkat kesempurnaan proses pembakaran. Untuk menunjukkan suatu mesin beroperasi sangat efisien adalah dengan melihat semakin besarnya pembentukan CO₂ pada gas buang. Emisi CO₂ yang dikeluarkan oleh mesin sebagai hasil pembakaran selalu berbanding terbalik dengan kadar emisi CO.

Dari hasil uji emisi CO₂ terlihat bahwa generator berbahan bakar LPG *mix* DME terlihat lebih besar daripada yang dihasilkan oleh generator berbahan bakar LPG. Hal ini terjadi karena pembakaran di generator LPG *mix* DME lebih baik. Hasil pengamatan gas CO₂ dapat dilihat pada Gambar 4. Adanya unsur oksigen pada DME akan membantu proses pembakaran yang terjadi sehingga emisi CO₂ yang dihasilkan akan semakin kecil. Dengan demikian penambahan DME akan menambah jumlah oksigen dalam proses pembakaran. Peningkatan rata-rata emisi CO₂ pada semua beban masing masing 14%, 14%, dan 15% untuk komposisi DME 10%, 20%, dan 30%.



Gambar 2
Mesin Uji



Gambar 3
Grafik hasil pengamatan gas CO

Emisi hidrokarbon (HC) dapat disebut juga hidrokarbon yang tidak terbakar pada proses pembakaran di ruang bakar. Ada beberapa faktor penyebab terjadinya emisi HC seperti adanya deposit pada ruang bakar, terdapatnya daerah yang lebih dingin (*quenching zone*) di dinding silinder, kegagalan terbakar yang diakibatkan problem pada *ignition*, sistem pemasukan bahan bakar dan udara, serta campuran bahan bakar – udara yang tidak seimbang.

Pada Gambar 5 terlihat bahwa kecenderungan pembentukan emisi HC ini berkurang bersamaan dengan meningkatnya komposisi DME dalam LPG. Rendahnya kadar HC menunjukkan bahwa bahan

bakar yang masuk ke ruang bakar lebih banyak yang terbakar, sehingga emisi CO dan CO₂.

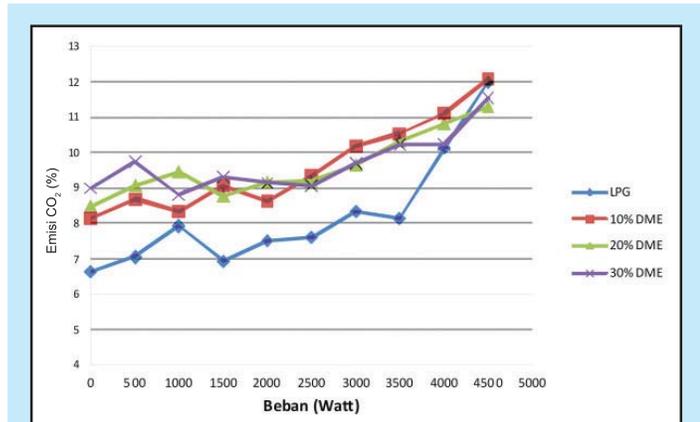
Selain itu faktor yang juga menentukan kualitas pembakaran pada mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) dimana pembakaran terjadi setelah bahan bakar dan udara bercampur terlebih dahulu (*premix*) adalah perbandingan jumlah bahan bakar dan udara atau *air fuel ratio* (AFR). Dari hasil pengamatan terhadap penurunan emisi CO dan HC pada konsentrasi DME yang lebih besar dapat dikatakan bahwa oksigen yang terkandung pada bahan bakar DME menyebabkan penambahan unsur udara pada campuran bahan bakar-udara. Penambahan unsur oksigen ini menyebabkan unsur CO dapat bereaksi dengan oksigen membentuk CO₂ dan mengurangi bahan bakar yang tidak terbakar (HC) (Owen Keith 1985).

Penambahan unsur oksigen dari bahan bakar DME menghasilkan AFR yang lebih baik dari AFR campuran LPG-udara. Gambar 6 menunjukkan kecenderungan penurunan emisi CO dan HC dan peningkatan emisi CO₂ jika AFR mendekati yang dibutuhkan mesin.

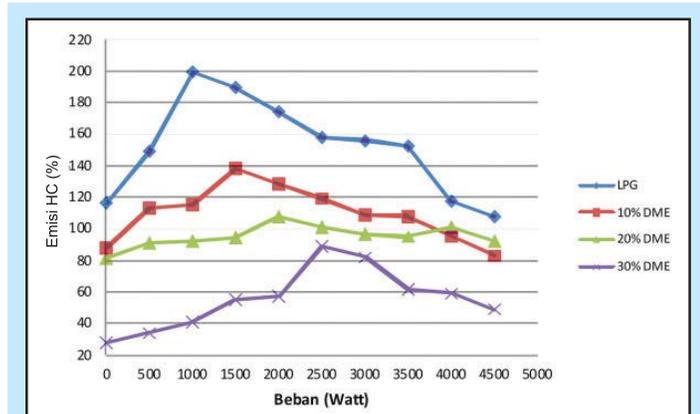
Selain parameter emisi diatas, pada pengujian ini juga diamati terhadap kestabilan operasi generator dilakukan secara kualitatif yaitu dengan mengamati kestabilan operasi mesin generator pada setiap beban. Dari hasil pengamatan kestabilan generator yang beroperasi dengan bahan bakar campuran LPG - DME dapat dikatakan bahwa untuk komposisi DME 10% sampai dengan 30%, generator dapat beroperasi dengan baik dan stabil pada semua beban (500 – 4500 Watt).

IV. KESIMPULAN

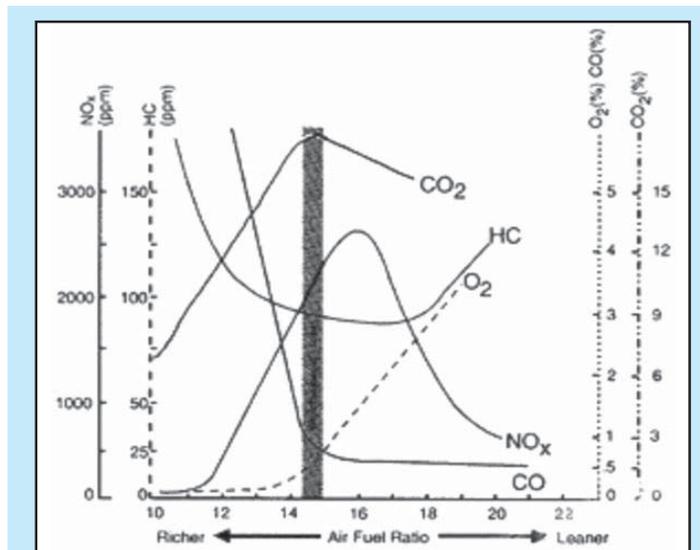
Bahan bakar LPG *mix* DME dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif mesin pembangkit listrik skala kecil untuk menggantikan bahan bakar LPG maupun bahan bakar minyak sehingga konsumsi bahan bakar LPG akan semakin berkurang.



Gambar 4
Grafik hasil pengamatan gas CO₂



Gambar 5
Grafik hasil pengamatan gas HC



Gambar 6
Hubungan AFR dan Emisi

Emisi CO₂ yang dihasilkan lebih tinggi untuk semua pembebanan dan semua komposisi DME dalam campuran LPG. Peningkatan rata-rata emisi CO₂ pada semua beban masing masing 14%, 14%, dan 15 untuk komposisi DME 10%, 20%, dan 30%. Emisi beracun CO yang dihasilkan lebih rendah untuk semua pembebanan dan semua komposisi DME dalam campuran LPG. Penurunan rata-rata emisi CO pada semua beban masing masing 38%, 77%, dan 109% untuk komposisi DME 10%, 20%, dan 30%. Emisi beracun HC yang dihasilkan lebih rendah untuk semua pembebanan dan semua komposisi DME dalam campuran LPG. Penurunan rata-rata emisi HC pada semua beban masing masing 38,5%, 59,5%, dan 173% untuk komposisi DME 10%, 20%, dan 30%.

Pada umumnya operasi mesin pembangkit listrik tetap stabil untuk semua pembebanan dan semua komposisi DME dalam campuran LPG.

KEPUSTAKAAN

- Arismunandar, Wiranto**, 2002, *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*, Edisi Kelima, cetakan ke satu, ITB, Bandung.
- Bartok. W, Sarofin Adel. F.** "Fossil Fuel Combustion", 1991, A Wiley-interscience Publication, John Wiley & Son Inc., Canada.
- Anonymous**, 2006, Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi, "Spesifikasi Bahan Bakar LPG".
- Gye Gyu Lim**, 2008, *DME Fuel in Korea*, "Departement of Chemical Engineering", Hoseo University, Korea
https://en.wikipedia.org/wiki/Dimethyl_ether, 2009
- Huang Zuohua, Chen Gen, Chen Chaoyang**, et al. , 2008: *Experimental Study on Premixed Combustion of Dimethyl ether-Hydrogen-Air Mixtures*. Energy Fuels
- Lee Seokhwan, Oh Seungmook, Choi Young**. 2009, *Performance and Emission Characteristics of an SI engine Operated with DME Blended LPG fuel*
- Anonymous**, Peraturan Menteri ESDM No. 29 Tahun 2013, Penyediaan, Pemanfaatan, dan Tata Niaga DME sebagai Bahan Bakar.
- Ogawa T, N. Inoue, T Shidika, Y. Ohno**, 2003 "Dimethyl Ether Synthesis", DME Development Co, Ltd, Shorokoku Shiranuka-ch, Hokaido, 088-0563 Japan.
- Owen Keith, Coley Trevor**, "Automatic Fuels Reference Book", SAE Inc, Warrentale, 1985
- Priyanto, U**, 2011, *Current Status of Dimethyl Ether (DME) as Fuel in Indonesia*, 7th Asian DME Conference, Nigata, Japan
- Semelsberger TA, Borup RL, Greene HL**, 2006. "Dimethyl ether (DME) as an alternative fuel". *Journal of Power Sources*, 156, 497-511